

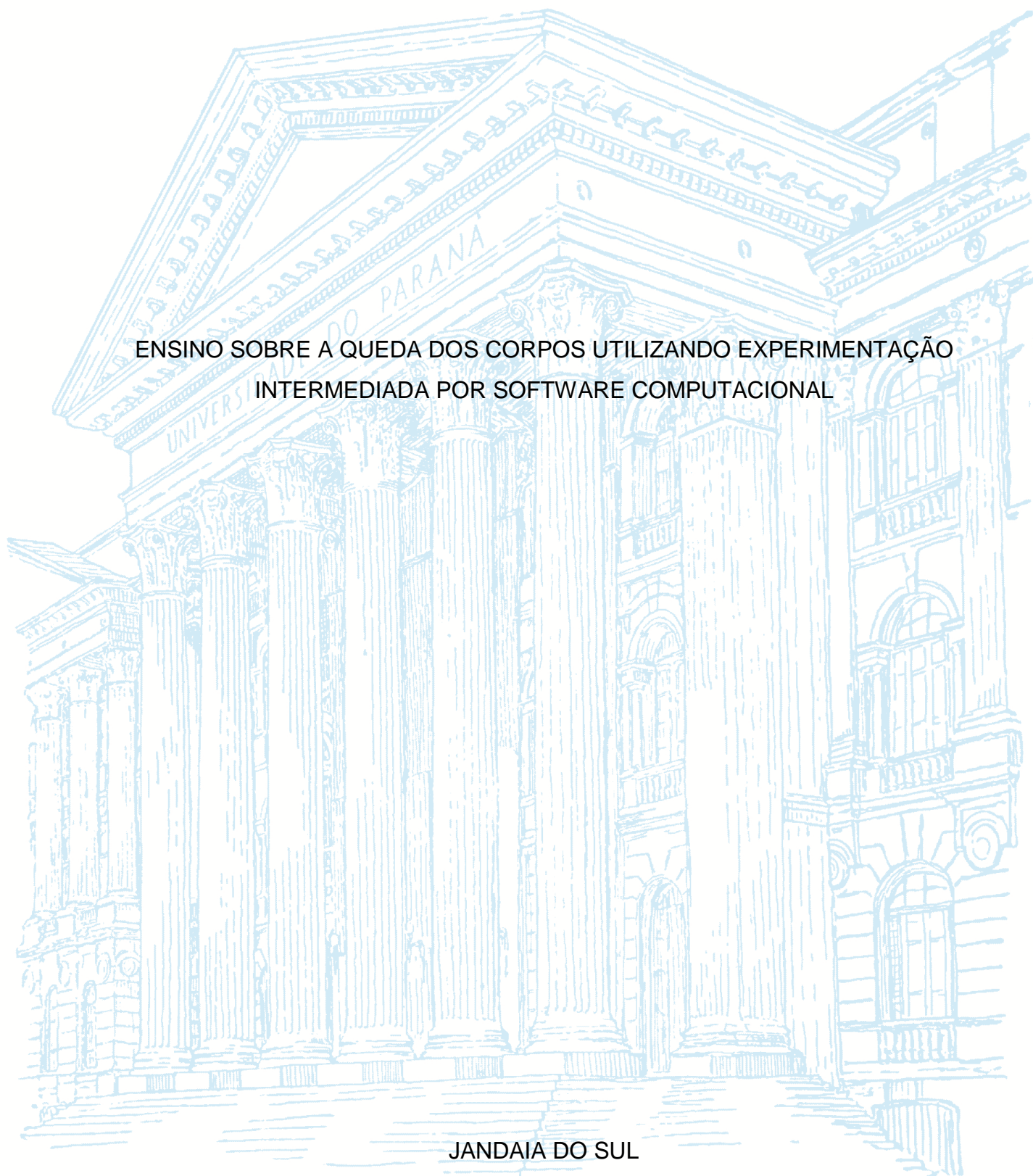
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

PAULO WESLEI ALBERTON

ENSINO SOBRE A QUEDA DOS CORPOS UTILIZANDO EXPERIMENTAÇÃO
INTERMEDIADA POR SOFTWARE COMPUTACIONAL

JANDAIA DO SUL

2018



PAULO WESLEI ALBERTON

GRR 20164318

ENSINO SOBRE A QUEDA DOS CORPOS UTILIZANDO EXPERIMENTAÇÃO
INTERMEDIADA POR SOFTWARE COMPUTACIONAL

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Graduação em Licenciatura em Ciências Exatas, Setor Jandaia do Sul, Universidade Federal do Paraná, como requisito parcial à obtenção do título de Licenciado em Ciências Exatas - Física.

Orientadora: Profa. Dra. Gisele Strieder Philippsen

JANDAIA DO SUL

2018

A334e Alberton, Paulo Weslei
Ensino sobre a queda dos corpos utilizando experimentação intermediada por software computacional / Paulo Weslei Alberton. - Curitiba, 2018.
47 p.

Trabalho de conclusão de curso (Graduação) - Universidade Federal do Paraná. Campus Jandaia do Sul. Curso de Graduação em Licenciatura em Ciências Exatas.
Orientadora: Gisele Strieder Philippsen

1. Física - Estudo e ensino. 2. Tecnologia Educacional. I. Philippsen, Gisele Strieder . II. Título. III. Universidade federal do Paraná.

CDD: 530.07



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

PARECER Nº 01/2018/2018/UFPR/R/JA/CCLCEX
PROCESSO Nº 23075.070119/2018-17
INTERESSADO: COORDENAÇÃO DO CURSO DE LICENCIATURA EM CIÊNCIAS EXATAS - JANDAIA

TERMO DE APROVAÇÃO DE TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

Título: ENSINO SOBRE A QUEDA DOS CORPOS UTILIZANDO EXPERIMENTAÇÃO INTERMEDIADA POR SOFTWARE COMPUTACIONAL

Autor: Paulo Weslei Alberton

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como requisito parcial para a obtenção do grau no curso de Licenciatura em Ciência Exatas, aprovado pela seguinte banca examinadora.

- Gisele Strieder Philippsen (orientador)
- Douglas Soares de Oliveira (membro)
- Janete de Paula Ferrareze Silva (membro)

Jandaia do Sul, 22 de novembro de 2018



Documento assinado eletronicamente por **GISELE STRIEDER PHILIPPSSEN, PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR**, em 22/11/2018, às 15:43, conforme art. 1º, III, "b", da Lei 11.419/2006.



Documento assinado eletronicamente por **DOUGLAS SOARES DE OLIVEIRA, PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR**, em 22/11/2018, às 15:45, conforme art. 1º, III, "b", da Lei 11.419/2006.



Documento assinado eletronicamente por **JANETE DE PAULA FERRAREZE SILVA, PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR**, em 22/11/2018, às 15:47, conforme art. 1º, III, "b", da Lei 11.419/2006.



A autenticidade do documento pode ser conferida [aqui](#) informando o código verificador **1418373** e o código CRC **2C6DF111**.

PAULO WESLEI ALBERTON

ENSINO SOBRE A QUEDA DOS CORPOS UTILIZANDO EXPERIMENTAÇÃO
INTERMEDIADA POR SOFTWARE COMPUTACIONAL

TCC apresentado ao curso de Graduação em Licenciatura em Ciências Exatas, Setor Jandaia do Sul, Universidade Federal do Paraná, como requisito parcial à obtenção do título de Licenciado em Ciências Exatas - Física.

Profa. Dra. Gisele Strieder Philippsen.

Orientadora – Ciências Exatas, UFPR – Jandaia do Sul.

Profa. Dra. Janete de Paula Ferrareze.

Ciências Exatas, UFPR – Jandaia do Sul.

Prof. Dr. Douglas Soares de Oliveira.

Ciências Exatas, UFPR – Jandaia do Sul.

Jandaia do Sul, 22 de novembro de 2018.

Dedico em primeiro lugar a Deus, pois sem Ele não teria conseguido, à minha família, à minha namorada e aos meus professores da UFPR que muito contribuíram para a realização deste trabalho. Aos mais próximos que compreenderam os dias em que estive atribulado, me dando força para que eu conseguisse concluir cada etapa deste curso.

AGRADECIMENTOS

À minha orientadora, Profa. Dra. Gisele Strieder Philippsen pelo acompanhamento, orientação e amizade.

Ao maior de todos, que é Deus que me guiou e me guia durante toda a minha vida.

À minha família por estar presente em todos os momentos e todos os que me compreenderam e me incentivaram para que pudesse concluir esta longa caminhada aprendendo mais e assim poder contribuir para o processo de evolução da sociedade, principalmente na educação.

Aos meus professores da Universidade Federal do Paraná que muito contribuíram para a conclusão deste trabalho.

Enfim agradeço a todos que de alguma forma me ajudaram direta ou indiretamente para a execução deste trabalho, muito obrigado.

“Sempre me pareceu estranho que todos aqueles que estudam seriamente esta ciência acabam tomados de uma espécie de paixão. Em verdade, o que proporciona o máximo de prazer não é o conhecimento e sim a aprendizagem, não é a posse mas a aquisição, não é a presença mas o ato de atingir a meta.”

CARL FRIEDRICH GAUSS

RESUMO

Este trabalho tem por objetivo o desenvolvimento de uma sequência didática para o ensino do movimento de queda dos corpos. Considerando a Teoria da Aprendizagem Significativa como referencial teórico, a sequência proposta tem início com a reiteração dos conhecimentos prévios dos alunos sobre o Movimento Retilíneo Uniformemente Variado, para que estes conhecimentos possam atuar como subsunçores no estudo do movimento de queda dos corpos, buscando possibilitar a aprendizagem significativa deste fenômeno físico. Após a discussão sobre estes conceitos iniciais, à luz do Construtivismo propõe-se que os alunos realizem o registro em vídeo do movimento de queda de uma bola de tênis e utilizem o software livre Tracker para a construção e análise dos gráficos de posição e velocidade em função do tempo. Por meio da modelagem matemática envolvendo os dados experimentais, os estudantes podem estimar o valor da aceleração gravitacional. A sequência didática foi realizada com três grupos de estudantes distintos, sendo um grupo constituído por alunos das três séries do Ensino Médio em contraturno (Colégio Estadual José Luiz Gori, em Mandaguari-PR), uma turma de Magistério (Centro Estadual de Educação Básica para Jovens e Adultos Cecília Meireles, em Jandaia do Sul-PR) e uma turma regular do primeiro ano do Ensino Médio (Colégio Estadual Unidade Polo, Jandaia do Sul-PR). Analisando-se o desempenho dos alunos em questões relativas ao tema apresentadas em um pré-teste e em um pós-teste, foi possível observar uma evolução significativa no conhecimento sobre o tema apenas para os alunos do Magistério. Este resultado indica a necessidade de inserção de outros elementos didáticos, ou até mesmo de adaptação do tempo destinado à realização da sequência, mediante as especificidades de cada turma. Em termos gerais, foi possível constatar a participação efetiva e motivada dos alunos, sugerindo que uma das principais contribuições de atividades que articulem recursos experimentais e computacionais esteja associada à capacidade de instigar a curiosidade e a motivação dos alunos para o estudo de Ciências, tornando-os protagonistas da construção de conhecimentos em sala de aula.

Palavras-chave: Ensino de Física. Queda Livre. Atividade Experimental. Atividade Computacional.

ABSTRACT

This work aims to develop a didactic sequence for the teaching of the free-fall motion concepts. Considering the Theory of Significant Learning as the theoretical reference, the proposed sequence begins with the reiteration of students' previous knowledge about the Uniformly Varied Rectilinear Motion, with the purpose that this knowledge may act as subsumer in the study of the free-fall motion, favoring the significant learning of this physical phenomenon. After the discussion about these initial concepts, the students are oriented to perform a video recording the free-fall motion of a tennis ball and to employ the free software Tracker for the construction and analysis of graphics regarding position and velocity as a function of time. Through mathematical modeling involving experimental data, students can estimate the value of gravitational acceleration. The didactic sequence was carried out with three distinct groups of students: a group consisting of students from the three high school grades (Colégio Estadual Jose Luiz Gori at Mandaguari-PR), a high school class dedicated to the formation of primary teachers (Centro Estadual de Educação Básica para Jovens e Adultos Cecília Meireles at Jandaia do Sul-PR) and a regular first-year high school class (Colégio Estadual Unidade Polo at Jandaia do Sul-PR). Analyzing the students' performance in a pre-test and a post-test constituted by questions related with didactic sequence subject, it was possible to observe a significant evolution in the knowledge only for the students of the high school class dedicated to the formation of primary teachers. This result indicates that the sequence approach must be adjusted considering the specificities of each group of students, by the inclusion of other didactic elements or even by the adaptation of the time destined to the activities accomplishment. In general terms, it was possible to verify the effective and motivated involvement of students in the activities, suggesting that one of the main contributions of activities that articulate experimental and computational resources is associated with the capacity to instigate students' curiosity and motivation for the study of Sciences, making them protagonists of the knowledge construction in the classroom.

Keywords: Physics Teaching. Free-fall Motion. Experimental Activity. Computational Activity.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	10
2	REVISÃO DE LITERATURA.....	12
2.1	TEORIAS DA EDUCAÇÃO	12
2.1.1	Construtivismo	12
2.1.2	Aprendizagem Significativa.....	13
2.2	EXPERIMENTAÇÃO NO ENSINO DE CIÊNCIAS.....	15
2.3	ATIVIDADES COMPUTACIONAIS NO ENSINO DE CIÊNCIAS.....	17
2.4	QUEDA DOS CORPOS.....	21
2.4.1	Histórico.....	22
2.4.2	Queda Livre.....	24
3	MATERIAIS E MÉTODOS.....	26
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	30
4.1	COLÉGIO ESTADUAL JOSÉ LUIZ GORI.....	30
4.2	CENTRO ESTADUAL DE EDUCAÇÃO PARA JOVENS E ADULTOS CECÍLIA MEIRELES.....	33
4.3	COLÉGIO ESTADUAL UNIDADE POLO.....	34
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	39
	REFERÊNCIAS	41
	APÊNDICE 1 – PRÉ-TESTE	44
	APÊNDICE 2 – POS-TESTE	46

1 INTRODUÇÃO

A Física pode ser pensada como a ciência que se dedica ao estudo de fenômenos naturais, buscando descrevê-los por meio da linguagem matemática. Os conceitos analisados nem sempre são de fácil entendimento para os estudantes, sendo assim, muitas vezes, considerada uma disciplina chata e difícil; a abordagem do seu ensino puramente teórica torna a compreensão dos modelos ainda mais árdua. Neste sentido, as atividades experimentais, associadas com atividades computacionais, possibilitam aos alunos a oportunidade de verificar o fenômeno físico que constitui o objeto de estudo, tornando-o menos abstrato e permitindo a aprendizagem significativa do mesmo por meio de uma abordagem construtivista.

A abordagem experimental no ensino da Física proporciona ao estudante uma visão concreta do acontecimento fenomenológico; assim, a assimilação do conteúdo na aprendizagem pode ser otimizada. Por intermédio da ação didática, o educador aguçar a curiosidade do aluno, levando-o a procurar entender o fenômeno analisado, além de proporcionar um ambiente favorável para um ganho na formação crítica do indivíduo. É por meio da elaboração de hipóteses na atividade experimental que os alunos que participam efetivamente da experimentação com seus colegas estão sujeitos a aprender de forma prática como trabalhar coletivamente, respeitando e argumentando sobre pensamentos contrários aos seus, podendo modificá-los ou reafirmá-los conforme a validação vai se desenvolvendo (SUART; MARCONDES, 2008).

Recursos computacionais podem contribuir na experimentação visando o melhor entendimento do fenômeno ocorrido. Softwares dedicados à modelagem permitem traduzir matematicamente o fenômeno em estudo, conciliando a vivência da prática de observação, descrição matemática e discussão dos resultados na experimentação. Ainda em relação ao ensino de Ciências, simulações computacionais podem ser utilizadas como ferramentas exploratórias de modelos já construídos (ARAUJO; VEIT, 2004), permitindo aos estudantes a manipulação dos parâmetros do modelo e, conseqüentemente, a observação do fenômeno que constitui o objeto de estudo em diferentes condições, o que nem sempre é factível em atividades experimentais.

Neste contexto, o objetivo principal deste trabalho é propor uma sequência didática para o ensino dos conceitos relativos à queda livre dos corpos, utilizando-se uma atividade experimental mediada pelo software livre Tracker (disponível em: <https://physlets.org/tracker/>). Como objetivos específicos, espera-se que os alunos possam analisar a evolução temporal das grandezas físicas associadas ao movimento por meio da elaboração de gráficos, desenvolver habilidades relacionadas à modelagem matemática de um sistema físico com base nos dados experimentais obtidos na observação e interpretar os resultados de forma a extrair informações físicas do sistema analisado, a exemplo do valor da aceleração da gravidade. Por meio destas atividades, tem-se como propósito o estabelecimento de um cenário favorável à aprendizagem significativa por parte dos estudantes, bem como o desenvolvimento de suas habilidades enquanto cidadãos críticos e aptos ao trabalho em equipe e ao uso da tecnologia.

Os referenciais teóricos, relativos a teorias da área de educação em que se baseia este trabalho, são apresentados no Capítulo 2, assim como a revisão da literatura em relação à implementação de atividades experimentais e computacionais no ensino de Física. Aspectos históricos relacionados ao desenvolvimento do entendimento sobre o movimento de queda dos corpos também são abordados neste capítulo. O Capítulo 3 destina-se à apresentação da sequência didática proposta e, no Capítulo 4, são descritas três realizações da sequência em colégios da rede pública de ensino nas cidades de Mandaguari e Jandaia do Sul, bem como os resultados e discussões decorrentes destas. As considerações finais são apresentadas no Capítulo 5.

2 REVISÃO DE LITERATURA

Este capítulo destina-se à exposição de conceitos relacionados ao desenvolvimento da sequência didática proposta neste trabalho. Sob esta perspectiva, serão revisitadas teorias da área da educação que atuaram como referenciais teóricos na proposição da sequência, bem como aspectos inerentes à utilização de atividades experimentais e computacionais no ensino de Física. Finalmente, serão abordados fatos históricos e conceitos físicos relativos ao desenvolvimento da teoria da queda dos corpos.

2.1 TEORIAS DA EDUCAÇÃO

2.1.1 Construtivismo

Segundo POLESE (2012), o construtivismo é uma teoria educacional, elaborada por Jean Piaget, que busca explicar o processo de adquirir conhecimento juntamente com o desenvolvimento cognitivo. Nos moldes dessa teoria, o professor não tem a finalidade de entregar um novo conceito ao aluno e sim proporcionar um ambiente para que o próprio aluno tenha condições de construir esse conceito.

Graduado em Filosofia e Biologia, Piaget desenvolveu pesquisas buscando compreender o processo de aprendizagem por meio de observações sistemáticas do modo como as crianças constroem seus conhecimentos (FOSSILE, 2010). Apontou quatro fatores como sendo essenciais ao desenvolvimento cognitivo da criança: fator biológico, o qual está relacionado ao desenvolvimento orgânico e do sistema nervoso central; fator de experiências e exercícios: relacionado à importância da interação entre a criança e objetos, não necessariamente físicos, ao processo de aprendizagem; fator de interações sociais: desenvolvido por meio de linguagens; e fator de equilíbrio das ações: relacionado à capacidade de adaptação mediante ao meio ou situações.

De acordo com a abordagem construtivista, os alunos devem elaborar suas hipóteses a partir do fenômeno observado, não apenas organizando os pensamentos relativos ao senso comum, mas modificando-os quando necessário para possivelmente promover uma nova visão da ciência. Esta vivência educacional pode conduzir o estudante a um conflito entre as ideias populares e o que foi

realmente observado sobre o objeto de estudo, evidenciando a necessidade do pensamento científico (MORTIMER, 1996).

Segundo a perspectiva de observar e relatar, POLESE (2012, p. 91) aponta que “Essa definição de educação pode ser apresentada em três palavras: interesse, experimentação e cooperação.” Assim, no pensamento construtivista, o aluno deve interessar-se e atentar-se ao experimento proposto pelo professor e também cooperar propondo suas hipóteses, testando-as e refutando-as quando necessário, até que se consiga uma hipótese coerente ao fenômeno observado.

O construtivismo não é método de ensino, com etapas pré-fixadas, só se passa de uma etapa a outra quando a primeira já esta solidificada e cumprida. Já uma proposta pedagógica, que tenha por base a teoria construtivista de aprendizagem, não poderá jamais estabelecer etapas rígidas, porque se sabe que a aprendizagem não se dá por superposição, mas por grandes reformulações cognitivas. Esse processo depende de dois fatores principais: as capacidades do aluno e suas experiências prévias. (POLESE, 2012, p. 91).

Nas palavras de Polese, pode-se então concluir que o construtivismo não está baseado em etapas rígidas em que o aluno vai progredindo e evoluindo, mas sim em uma construção continuada relacionada aos conhecimentos prévios dos fenômenos.

2.1.2 Aprendizagem Significativa

A Teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel constitui-se em um ensino por meio de bases já estabelecidas no cognitivo do aluno, ou seja, um processo em que, de alguma forma, o novo conteúdo a ser estudado interage com o conhecimento que o aluno já possui, conduzindo à assimilação do conceito de uma maneira significativa (Tavares, 2008).

Pode-se, então dizer que a aprendizagem significativa ocorre quando a nova informação “ancora-se” em conceitos relevantes (subsunçores) preexistentes na estrutura cognitiva. Ou seja, novas ideias, conceitos, proposições podem ser aprendidos significativamente (e retidos), na medida em que outras ideias, conceitos, proposições, relevantes e inclusivos estejam, adequadamente claros e disponíveis, na estrutura cognitiva do indivíduo e funcionem, dessa forma, como ponto de ancoragem às primeiras. (MOREIRA, 2016, p. 7/8).

De acordo com MOREIRA (2016), a aprendizagem significativa consiste em ancorar o novo conhecimento em bases bem definidas, que servirão de suporte para a interação com o novo conceito, permitindo ao aluno apropriar-se dele com mais

significado. O conhecimento prévio que atua como alicerce para o novo conhecimento é denominado subsunçor.

O subsunçor não tem a obrigatoriedade de ser algo definitivo; o novo conceito aprendido interage com ele de modo a trazer influência e possivelmente modificações, assim, se tornando um subsunçor mais amplo após a absorção do novo material (MOREIRA, 2016).

No caso do estudo do movimento de queda dos corpos, os conceitos sobre Movimento Retilíneo Uniformemente Variado (MRUV) podem atuar como subsunçores. Neste contexto, pode-se pensar que o MRUV atua no sentido horizontal (subsunçor original) e também no sentido vertical (subsunçor mais amplo), assim modificando e ampliando o subsunçor original deixando-o mais completo.

Em contrapartida à aprendizagem significativa, ancorada em um conhecimento já consolidado, cita-se a aprendizagem mecânica ou automática, segundo Moreira.

[...] Ausubel define aprendizagem mecânica (ou automática) como sendo aquela em que novas informações são aprendidas praticamente sem interagirem com conceitos relevantes existentes na estrutura cognitiva, sem ligarem-se a conceitos subsunçores específicos. A informação é armazenada de maneira arbitrária e literal, não interagindo com aquela já existente na estrutura cognitiva e pouco ou nada contribuindo para sua elaboração e diferenciação. (MOREIRA, 2016, p. 8/9).

Como exemplo de aprendizagem mecânica em Física, cita-se a memorização de equações para a realização de uma prova. Normalmente, após a avaliação, o conteúdo decorado é esquecido, o que pode ser decorrente da aprendizagem mecânica, pois o aprendizado não ocorreu com significado. O mesmo pode ocorrer no estudo do movimento de queda dos corpos, quando descontextualizado em relação aos conhecimentos prévios concernentes ao MRUV.

Ainda segundo MOREIRA (2016), a aprendizagem significativa deve ser preferida em relação à mecânica por facilitar a aquisição de significado; porém a aprendizagem mecânica pode ser necessária em uma fase inicial da aquisição de um novo conhecimento, de forma que estas duas formas de aprendizagem podem ser complementares em um processo de construção de um novo conhecimento.

Pode-se destacar que na aprendizagem significativa não ocorre apenas a assimilação do conhecimento, mas também a observação de aplicações desse conhecimento em contextos diferentes do qual foi aprendido.

Em uma aprendizagem significativa não acontece apenas a retenção da estrutura do conhecimento, mas se desenvolve a capacidade de transferir

esse conhecimento para a sua possível utilização em um contexto diferente daquele em que ela se concretizou. (TAVARES, 2008, p. 95).

Voltando novamente à questão do ensino de queda dos corpos, o aluno, após ancorar-se no subsunçor relativo ao MRUV, o modifica e o amplia, deixando-o mais completo. Tal fato caracteriza uma transferência de conteúdos, uma vez que não se faz necessário aprender novamente todos os conceitos específicos de movimento, caracterizando assim a transferência destes conceitos para um contexto diferente do inicialmente estudado.

2.2 EXPERIMENTAÇÃO NO ENSINO DE CIÊNCIAS

Um dos objetivos da escola de hoje é formar cidadãos críticos capazes de opinar e modificar a sociedade em que vivem. Para isso, o professor deve promover um ambiente propício para que essa criticidade seja despertada nos estudantes. A experimentação pode contribuir nesse contexto, segundo Senra e Braga (2014):

Diversos pesquisadores da área de Ensino de Ciências [...] vêm defendendo já há alguns anos o uso de práticas de laboratório como uma das formas de transformar o ensino tradicional. Várias maneiras de organizar as atividades experimentais vêm sendo apresentadas. Alguns desses caminhos podem despertar a curiosidade e interesse dos alunos, além de suscitar discussões e estimular o posicionamento crítico dos alunos. Eles podem ainda orientar a reflexão sobre os resultados e sobre a forma de expressá-los corretamente, permitindo uma reflexão sobre possíveis aplicações relacionadas a situações ou problemas reais e, ainda, favorecer o trabalho em grupo, de extrema importância para a vida profissional. (SENRA;BRAGA, 2014, p. 10).

De acordo com o exposto, a experimentação pode contribuir para que o aluno consiga apropriar-se do conhecimento científico, construindo uma ponte de aplicabilidade em seu cotidiano de maneira mais rápida do que em uma aula tradicional, além de aprimorar outras qualidades necessárias para o convívio em sociedade, como o trabalho em equipe.

Tal fato vem ao encontro do que é proposto no PCN (Parâmetro Curricular Nacional) (BRASIL, 1998), segundo o qual a idealização do papel do educador no processo de ensino tem mudado na educação atual. Além de inserir o conhecimento da disciplina, o professor deve formar cidadãos e diversificar maneiras de inserir o indivíduo na sociedade. No caso do ensino de Física, em específico, o professor deve indicar ao educando a aplicabilidade do conteúdo em seu cotidiano,

abrangendo diversos fatores que comprovam a importância do saber científico em sua vida.

Ainda, para GASPAR (2005), é por meio dos experimentos que as ciências encantam e aguçam o interesse das pessoas. O uso de experimentos em sala desperta nos estudantes a curiosidade em relação aos conceitos sob estudo, promovendo a participação mais efetiva dos mesmos na aula. Por meio da realização do experimento, os estudantes podem desenvolver capacidades intelectuais, emocionais e sociais.

Como benefício intelectual, o experimento estimulará a capacidade do aluno de interpor, questionar, de averiguar o fenômeno e de interpretar, permitindo ainda a construção de uma relação entre os conceitos estudados e situações do cotidiano. Como benefício social, a realização de experimentos em grupo permite aos estudantes aprimorar sua comunicação e as relações interpessoais para o trabalho em equipe, como já fora citado.

O ato experimental pode proporcionar uma mudança significativa na consciência científica do indivíduo, modificando sua visão de mundo. Por meio da experimentação torna-se possível a interação com o objeto de estudo e a interpretação do fenômeno, o que de certa forma é uma maneira de comunicação que facilita o processo de aprendizagem. Tal prática conduz ao raciocínio lógico acerca da natureza, de modo que a capacidade de interpretar as ciências (em específico a Física) será potencializada.

As atividades experimentais podem ter finalidades diferentes conforme a maneira e o momento de aplicação. Uma das formas de desenvolvimento de atividades experimentais é aquela denominada atividade experimental de investigação, em que o aluno não tem contato formal prévio com o conteúdo a ser explorado. Nesta perspectiva apresenta-se um problema ao estudante, que deverá levantar hipóteses, testá-las e elaborar uma explicação (GOMES; BORGES; JUSTI, 2018, p.187).

Os problemas podem ser planejados pelo professor ou mesmo ser trazidos pelos alunos, porém normalmente trabalham-se problemas que proporcionam reflexões aos alunos. Segundo Senra e Braga (2014):

A utilização de atividades investigativas, normalmente fundamentadas na utilização de questões abertas ou problematizadoras, permite criar situações que tendem a propiciar boas condições para que os alunos reflitam sobre a atividade científica e tecnológica. Além disso, permite também o

exercício da criatividade, pois os alunos são frequentemente confrontados com problemas concretos que necessitam de soluções para que a atividade continue a ser encaminhada. (SENRA;BRAGA, 2014, p. 12).

Esta abordagem, além do senso crítico do aluno, exige também um senso criativo, pois não se tem, ainda, o conteúdo formalizado para a elaboração da hipótese científica. O professor, se necessário, media a construção do formalismo por meio de perguntas estratégicas e, então, os alunos validam suas hipóteses tornando-as aceitas ou não.

Outra possibilidade remete à atividade experimental de comprovação. De acordo com Rosa, Cavalcanti e Darroz (2017), seria "... aquela que, no contexto da aprendizagem, exerce o mesmo papel dos exercícios de aplicação ou fixação presentes nos livros didáticos." (ROSA;CAVALCANTI; DARROZ, 2017, p. 82). Nesta perspectiva de utilização de recursos experimentais, o conteúdo abordado na atividade deve ser pré-requisito ao aluno, uma vez que a atividade serve para confirmar uma lei ou um conceito já visto teoricamente. O aluno aprende a manipular o aparato experimental e realiza o experimento observando o fenômeno ocorrido, e, ao final, compara seu resultado experimental com o resultado teórico a fim de averiguar os conceitos físicos. Caso seu resultado não esteja de acordo com o previsto teoricamente, será necessária uma reflexão sobre os erros experimentais ou teóricos que podem ter sido relevantes para o resultado obtido. Esta abordagem proporciona ao estudante a criticidade de aplicação da teoria estudada na sala de aula ao seu cotidiano, favorecendo assim a formação de alunos mais críticos. Em relação à sequência didática proposta neste trabalho, esta foi a abordagem experimental utilizada no estudo do movimento de queda dos corpos.

2.3 ATIVIDADES COMPUTACIONAIS NO ENSINO DE CIÊNCIAS

As atividades computacionais estabelecem uma possibilidade de motivação para os alunos, e, segundo PORVIR (2015), as novas tecnologias têm poder para promover a equidade e qualidade na educação, além de aproximar a escola do universo do aluno, pois nos dias atuais a tecnologia está presente no cotidiano da maioria dos estudantes.

SANTOS (2014) esclarece que hoje inúmeras escolas possuem laboratórios de informática e que esses muitas vezes possibilitam um contato mais formal de

alguns educandos com a tecnologia computacional. Apesar disso, a geração atual de estudantes apresenta grande facilidade de interação com os equipamentos, o que favorece a utilização destes dispositivos no ensino de Ciências. Porém, de nada adianta simplesmente colocar o aluno frente ao computador e não lhe dar as devidas orientações, pois como todo processo humano, a utilização destas tecnologias necessita planejamento por parte do professor, que deve se preparar previamente para dar um direcionamento adequado durante as suas aulas.

Atualmente pode-se contar com vários recursos tecnológicos que possibilitam a comunicação e o acesso à informação. Porém, as novas tecnologias não anulam as tradicionais, elas apenas se complementam, pois, para que a informação se transforme em conhecimento, ela deve ser problematizada, contextualizada e relacionada; enfim, precisa ter significado para o sujeito aprendiz.

Em relação ao ensino de Física, um dos aspectos positivos do uso de recursos computacionais reside no fato de que muitos conceitos são difíceis de serem imaginados, de forma que os *softwares* podem atuar como uma ferramenta de simulação ou interpretação daqueles fenômenos abstratos ou mesmo propiciar uma melhor compreensão dos fenômenos estudados.

O ensino da Física nas escolas e nas universidades não tem parecido ser uma tarefa fácil para muitos professores. Uma das razões para essa situação é que a Física lida com vários conceitos, alguns dos quais caracterizados por uma alta dose de abstração, fazendo com que a Matemática seja uma ferramenta essencial no desenvolvimento da Física. Além disso, a Física lida com materiais que, muitas vezes, estão fora do alcance dos sentidos do ser humano tais como partículas subatômicas, corpos com altas velocidades e processos dotados de grande complexidade. (MEDEIROS, MEDEIROS, 2002, p. 78).

Além disso, a utilização de simuladores permite o estudo dos modelos físicos mediante modificações nos valores dos parâmetros do modelo, o que nem sempre é factível em experimentos físicos reais. Neste contexto, destaca-se o PhET (Physics Education Technology, disponível em https://phet.colorado.edu/pt_BR/), um importante repositório de simuladores de livre utilização para atividades de ensino (WIEMAN; ADAMS; PERKINS, 2008).

[...] as simulações computacionais com objetivos pedagógicos dão suporte a atividades exploratórias caracterizadas pela observação, análise e interação do sujeito com modelos já construídos. A modelagem computacional aplicada ao ensino de Física é desenvolvida em atividades expressivas, caracterizadas pelo processo de construção do modelo desde sua estrutura matemática até a análise dos resultados gerados por ele. (ARAUJO, VEIT, 2004, p. 09).

Porém, o educador deve atentar-se aos *softwares* utilizados para possíveis erros teóricos em sua programação fazendo o uso antecipado para garantir sua

confiabilidade e, mesmo sem erros teóricos, apenas sua utilização não garante uma boa aprendizagem aos alunos (MEDEIROS; MEDEIROS, 2002). Dessa maneira, o professor deve planejar as atividades a serem realizadas para criar uma possibilidade de aprendizagem significativa.

A Física, em muitos casos, requer a habilidade de construção e interpretação gráfica, pois em um gráfico pode-se apresentar de forma sistematizada grandes quantidades de dados. Porém esta ferramenta, bastante utilizada por cientistas e professores, muitas vezes não é compreendida pelos estudantes (ARAUJO; VEIT; MOREIRA, 2004). Neste sentido, os *softwares* podem ser utilizados para a construção de gráficos, permitindo aos alunos a compreensão da estrutura desta ferramenta e, conseqüentemente, aprimorando as habilidades para a adequada interpretação gráfica. Com a interpretação gráfica é possível explorar o fenômeno físico por intermédio da Matemática, estabelecendo assim formalmente a conexão dessas duas disciplinas que andam próximas uma da outra. No entanto, é necessário um embasamento matemático que possa ser aplicado à modelagem do fenômeno físico investigado.

Na sequência didática proposta neste trabalho será utilizado o software Tracker (disponível em: <https://physlets.org/tracker/>), uma ferramenta de vídeo análise que oferece recursos para a construção de gráficos e modelagem matemática.

O programa Tracker é uma aplicação gráfica em JAVA construída na *Open Source Physics* (OSP), comunidade científica que desenvolve e disponibiliza gratuitamente recursos para o ensino de Física e de modelagem computacional. Este software é destinado à análise de vídeos do ponto de vista físico, podendo ser uma ferramenta para modelagem. Através dele, é possível estudar diversos tipos de movimento a partir de filmagens feitas com câmeras digitais. (MAGARINUS; BULIGON; MARTINS, 2014, p. 485).

Dessa forma o *software* permite uma vídeo-análise quadro a quadro para os diversos estudos sobre movimento (LENZ; SAAVEDRA FILHO; JÚNIOR, 2014), em que quanto maior for o número de quadros por segundo no vídeo analisado, melhor serão os gráficos e conseqüentemente a análise do movimento em questão.

Em resumo, o *Tracker* cumpre várias funções no processo de ensino-aprendizagem: permite aos alunos acompanharem a evolução das grandezas físicas em tempo real [...] (JÚNIOR et al, 2012, p. 474).

O *software* Tracker constitui um recurso de aprendizagem ativa, por meio do qual os alunos conseguem assistir o vídeo do experimento gravado por eles e estabelecer a posição do objeto em cada quadro do vídeo. A partir da marcação da

posição do objeto em cada quadro, é possível visualizar o gráfico da posição do objeto em função do tempo sendo construído simultaneamente. Além do gráfico da posição em função do tempo, os estudantes podem também construir gráficos relacionados a outras grandezas físicas, a exemplo da velocidade e aceleração.

Trabalhos na literatura sugerem diversas formas de utilização do *software* livre Tracker no ensino de Ciências e Matemática, estabelecendo um cenário promissor ao professor que queira utilizá-lo em suas aulas. JÚNIOR et. al. (2012) apresentam um exemplo da utilização com resultados positivos do software para o estudo do movimento em duas dimensões e da Segunda Lei de Newton. O autor afirma que o baixo custo na aplicação e seu desempenho é uma grande possibilidade para o ensino de Física. No primeiro caso é filmado o movimento bidimensional de um carrinho solto em uma rampa, mostrando os gráficos da posição horizontal e vertical em relação ao tempo e, também, do gráfico da posição horizontal em relação à posição vertical. Para o estudo da Segunda Lei de Newton, os autores filmaram um móvel sendo puxado por uma massa suspensa, gerando um gráfico da posição em relação ao tempo e da aceleração em relação à combinação das massas.

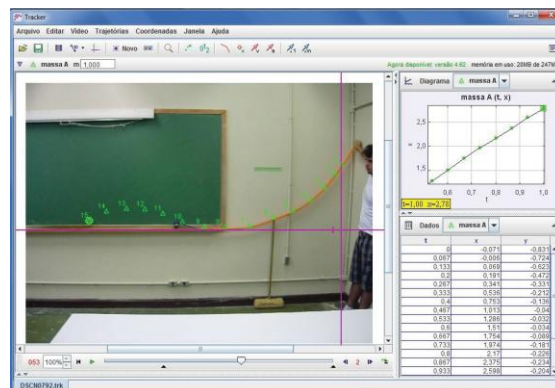


Figura 1A: Representação do movimento em duas dimensões (JÚNIOR et. al. 2012).



Figura 1B: Exemplo de uma aplicação da Segunda Lei de Newton (JÚNIOR et. al. 2012).

No contexto do ensino de Matemática, cita-se o trabalho de Magarinus, Buligon e Martins (2014) utilizando o *software* Tracker para o ensino de funções lineares e parabólicas, por meio da análise de um vídeo de um corpo em queda livre e de um vídeo de um lançamento oblíquo. Gerando gráficos de posição e velocidade em relação ao tempo para ambos os movimentos, é possível perceber que o comportamento destas grandezas pode ser descrito utilizando-se funções lineares e parabólicas, constituindo assim um exemplo de aplicação de conceitos matemáticos a situações reais.

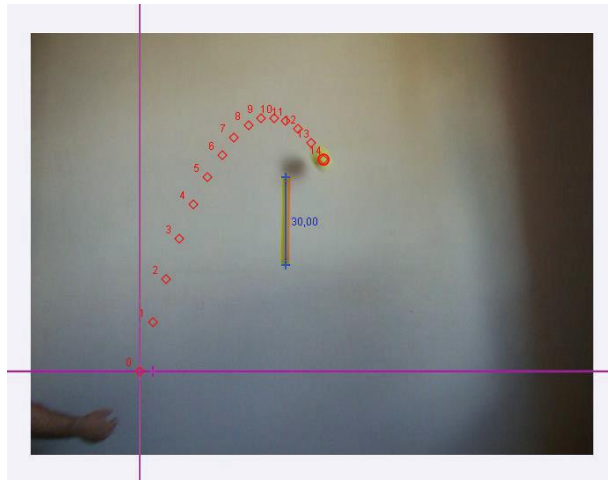


Figura 2: Movimento oblíquo de uma bola de tênis (Magarinus, Buligon e Martins 2014).

O *software* pode também ser utilizado para análise de imagens, como mostra Martins et al. (2013) em seu trabalho sobre o ensino de Química, no qual são analisados grãos de açúcar dietético e sal light. Primeiramente fotografou-se a amostra por intermédio de um microscópio (aumento de 150 vezes) e uma câmera digital de zoom ótico. Essa imagem foi carregada no *software* Tracker para descobrir as dimensões dessas substâncias, tendo como propósito que os alunos percebessem como substâncias tão pequenas, na escala de grãos de açúcar e sal, podem influenciar a saúde humana.

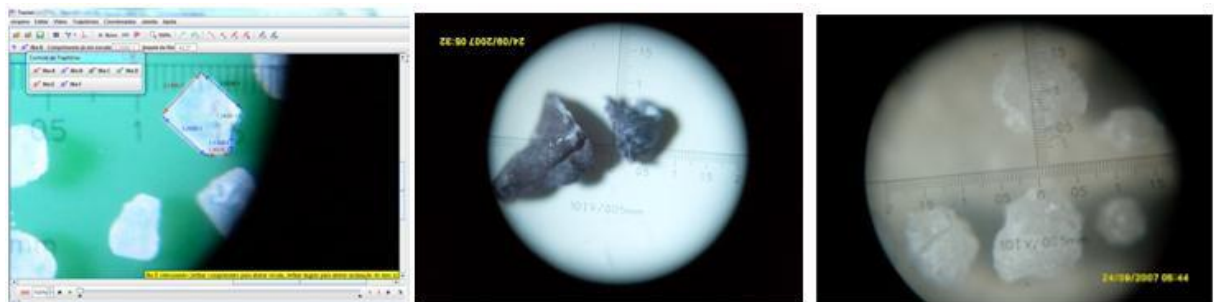


Figura 3: Dimensões de um cristal de sal light, de tartarato (suco de uva natural) e açúcar dietético obtidas com o *software* Tracker (Martins et. al. 2013).

Estes trabalhos mostram algumas das possibilidades que o *software* Tracker oferece ao ensino de Ciências e Matemática; porém, é importante notar que a aplicação do mesmo não se restringe apenas a essas áreas, podendo ser utilizado em outras áreas de ensino conforme a criatividade do professor.

2.4 QUEDA DOS CORPOS

2.4.1 Histórico

A História da Ciência pode ser uma grande aliada no ensino de Física, uma vez que permite ao aluno compreender a construção do conceito sob estudo e o fato de que a quebra de paradigmas é, muitas vezes, necessária à evolução da ciência. Muitos conceitos que hoje nos parecem óbvios foram revolucionários quando propostos porque se contrapunham a conceitos vigentes, anteriormente moldados, muitas vezes, sob a influência de fatores como cultura e religião. O entendimento acerca da evolução do pensamento científico pode criar um ambiente de fascínio e curiosidade, capaz de instigar o interesse do aluno no tema estudado.

Desde a Grécia antiga já se pensava sobre o movimento. Aristóteles (384 a.C. – 322 a.C.) dizia que existiam quatro elementos básicos (terra, água, fogo e ar), sendo estes associados a quatro qualidades primárias e fundamentais (quente ou frio, úmido ou seco) (DIAS; SANTOS; SOUZA, 2004). De acordo com as propriedades do corpo, este teria um lugar natural para se localizar e só poderia se mover quando se encontrasse fora desse lugar natural. Em relação à queda dos corpos, Aristóteles apontou que corpos mais pesados cairiam mais rapidamente que corpos mais leves (DIAS; SANTOS; SOUZA, 2004).

Já no século XIV, William of Ockham trouxe pensamentos diferentes de Aristóteles sobre o movimento: teorizou que o movimento poderia ser concebido como o deslocamento do corpo em função do tempo. Suas contribuições influenciaram seus contemporâneos, a exemplo dos acadêmicos do Colégio de Merton, em Oxford, que propuseram o que conhecemos hoje como cinemática. William ainda contribuiu fortemente para a definição do conceito de aceleração como variação da velocidade no tempo e para as considerações acerca dos movimentos uniforme e acelerado (DIAS; SANTOS; SOUZA, 2004).

Galileu Galilei (1564-1642) amparou-se sobre as ideias da cinemática para o estudo do movimento dos corpos. Com o intuito de investigar o movimento de queda dos corpos, utilizou um plano inclinado sobre o qual deixou rolar esferas de diferentes massas, utilizando inclinações do plano que tornassem o movimento suficientemente lento a ponto de poder ser estudado (MOURA; CANALLE, 2001). Galileu teria polido a madeira do plano até deixá-la lustrosa, buscando minimizar o efeito do atrito sobre os corpos em movimento, efeito este que seria mais evidente em corpos de maior massa. O experimento realizado por Galileu foi ilustrado por G. Bezzuoli em 1841 (Figura 4).



Figura 4: Afresco de Giuseppe Bezzuoli, em que Galileu demonstra a queda dos corpos.¹

Com base em suas observações, Galileu foi capaz de extrapolar seu aprendizado sobre o movimento em um plano inclinado para o movimento de queda dos corpos no vácuo e concluiu que os corpos não caem simplesmente, mas apresentam uma aceleração constante que faz com que a velocidade aumente em função do tempo (MOURA; CANALLE, 2001). Além disso, afirmou que esta aceleração seria a mesma para todas as esferas, independentemente de sua forma

¹

Disponível em:
https://en.wikipedia.org/wiki/File:Galileo_dimostra_la_legge_della_caduta_dei_gravi_a_Don_Giovanni_de%27_Medici,_affresco_di_Giuseppe_Bezzuoli,_Tribuna_di_Galileo,_Firenze.jpg. Acesso em 07 dez.

e massa, o que conduziria a um tempo de queda igual para os corpos, contrapondo-se ao que havia sido proposto por Aristóteles.

Galileu expressou suas observações como a Lei da Queda dos Corpos. Essa lei, anos mais tarde, influenciou Isaac Newton, dando início à Ciência que conhecemos como Mecânica (MOURA; CANALLE, 2001).

2.4.2 Queda Livre

Todos nós estamos sobre a influência do campo gravitacional terrestre, de modo que, mesmo que não o conheçamos, todos estamos sujeitos à aceleração da gravidade. A partir de nossa experiência diária sabemos que, quando abandonamos um corpo de certa altura, o mesmo entra em movimento no sentido do centro da Terra; a esse movimento damos o nome de queda livre. De forma mais estrita, denomina-se movimento de queda livre o movimento de queda dos corpos na ausência da ação de resistência do meio (queda no vácuo) ou o movimento em circunstâncias em que os efeitos da resistência do meio possam ser desconsiderados. Segundo Tipler e Mosca (2016, p. 43): “Muitos problemas práticos lidam com objetos em queda livre, isto é, objetos que caem livremente sob a influência apenas da gravidade”.

Em lugares próximos à superfície da Terra pode-se considerar a aceleração da gravidade como constante, o que conduz à classificação deste movimento como Movimento Retilíneo Uniformemente Variado (MRUV).

[...]o modelo de partícula sob aceleração constante pode ser aplicado ao corpo em queda. A única modificação necessária que precisamos fazer nessas equações para corpos em queda livre é observar que o movimento está na direção vertical; assim, usaremos y em vez de x , e a aceleração está para baixo, em módulo $9,80 \text{ m/s}^2$. Portanto, para um corpo em queda livre, normalmente tomamos $a_y = -g = -9,80 \text{ m/s}^2$, em que o sinal negativo indica que a aceleração do corpo é descendente. A escolha do negativo para o sentido descendente é arbitrária, mas comum. (SERWAY; JEWETT Jr, 2014, p. 57).

Assim, torna-se possível utilizar as equações do MRUV para descrever o movimento de queda, considerando-se as convenções sugeridas por SERWAY e JEWETT Jr (2014). A Equação (1) descreve a posição vertical do corpo em função do tempo e a Equação (2) a velocidade em função do tempo. Nestas equações, v_0 refere-se à velocidade inicial do corpo e y_0 à posição inicial do mesmo.

$$y = y_0 + v_0 t - \frac{g}{2} t^2 \quad (1)$$

$$v = v_0 - gt \quad (2)$$

Sendo o movimento de queda descrito pelas mesmas equações do MRUV, consequentemente as mesmas definições dos gráficos do MRUV são aplicadas à descrição da queda livre. O gráfico velocidade *versus* tempo indica que a velocidade varia linearmente com o tempo; em termos dos coeficientes, o valor do coeficiente angular fornece o valor da aceleração na queda e o coeficiente linear remete à velocidade inicial. Por meio do gráfico posição *versus* tempo, é possível verificar que a posição vertical diminui com o tempo, sendo descrita por uma semi-parábola.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

A sequência didática proposta neste trabalho tem por finalidade o estudo dos conceitos sobre queda livre e foi organizada em quatro etapas. A primeira delas destina-se à aplicação de um questionário sobre o tema (Apêndice 1) para verificar os conhecimentos prévios dos estudantes.

Após a aplicação do pré-teste, inicia-se a segunda etapa da atividade que consiste em uma aula expositiva dialogada. Utilizando imagens e perguntas estratégicas, o professor deve procurar estabelecer uma conversa com os alunos, buscando resgatar conhecimentos que os mesmos já detenham sobre o Movimento Retilíneo Uniforme (MRU) e MRUV e que possam atuar como subsunçores no estudo da queda livre. Por meio desta estratégia, é possível estabelecer condições para que os alunos percebam que a queda livre constitui, de fato, um MRUV, sendo descrita pelas mesmas equações que descrevem o MRUV considerando-se a posição vertical em função do tempo (denotada, em geral, pela grandeza y), ao invés da posição horizontal (x), e a aceleração da gravidade como a aceleração existente no movimento.

A terceira etapa da atividade destina-se à realização de um experimento intermediado por recurso computacional. Sob a orientação do professor, a turma deve filmar um objeto em queda livre, a exemplo de uma bola de tênis. O arquivo de vídeo obtido deve ser analisado utilizando-se o *software* Tracker, o qual permite o estudo do movimento por meio da elaboração do gráfico da posição em função do tempo e da velocidade em função do tempo, a partir dos quais é possível também a estimativa do valor da aceleração gravitacional.

Como citado, o *software* Tracker é uma ferramenta de vídeo-análise e modelagem computacional. Após o carregamento do arquivo de vídeo no programa, é necessário realizar a calibração para que o software torne-se apto a especificar a posição do objeto em cada quadro do vídeo. Essa calibração é feita com duas ferramentas: primeiramente, utiliza-se a ferramenta para estabelecer os eixos de coordenadas; na sequência, com a ferramenta bastão de calibração (esse nome pode variar de acordo com a versão do *software*), marca-se uma referência de comprimento que será utilizada como parâmetro para a determinação de valores de posição. Ainda é possível selecionar o intervalo do vídeo que será analisado.

Após a calibração, usa-se a ferramenta Massa Pontual para marcar a posição do objeto em cada quadro do vídeo. À medida que o usuário realiza a marcação dos pontos, o programa gera uma tabela e um gráfico em que relaciona a posição e o tempo (Figura 5). No gráfico, é possível selecionar a grandeza física relativa ao movimento a ser exibida.

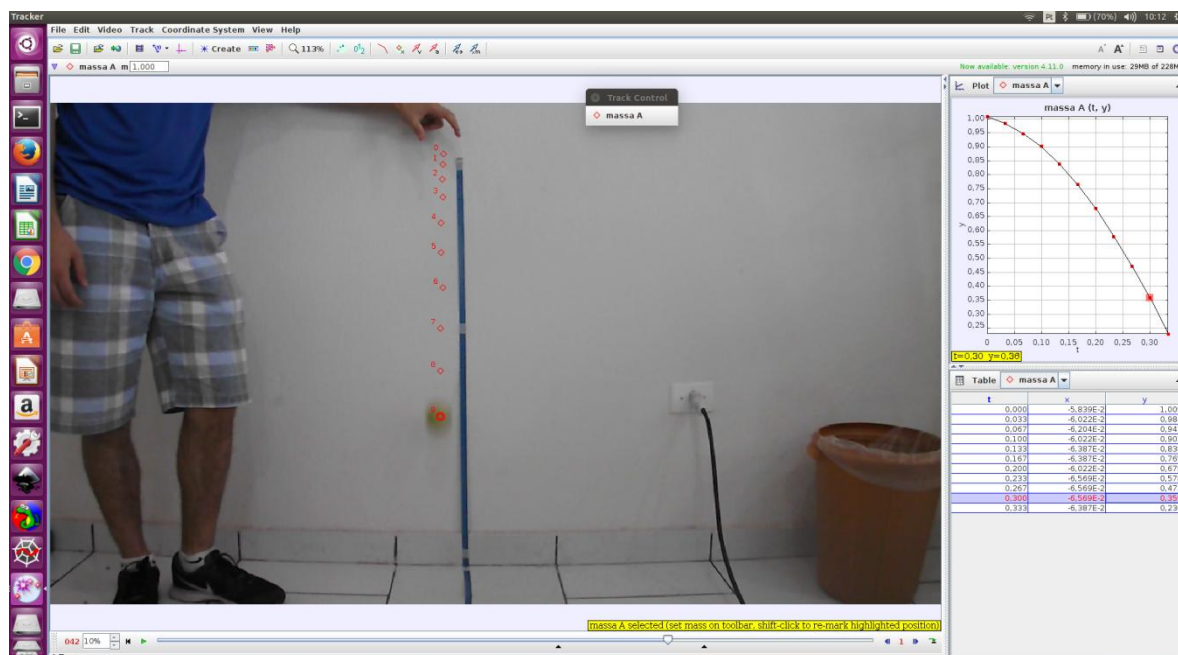


Figura 5: Imagem gerada da área de trabalho do software Tracker. Fonte: elaborada pelo autor.

Os dados experimentais, organizados em um gráfico, podem ser submetidos à modelagem matemática no software Tracker. Clicando com o botão direito do mouse sobre o gráfico, pode-se selecionar a opção Analisar que conduzirá à janela Ferramenta de Dados (Figura 6). Nesta é possível selecionar o modelo matemático a ser utilizado no ajuste, a partir do qual são definidos os valores dos parâmetros da função de ajuste. No experimento realizado, em que foi observado o movimento de queda de uma bola de tênis, a função utilizada para o ajuste no gráfico da posição vertical em função do tempo deve ser o parabólico (Figura 6) da forma ax^2+bx+c , tornando possível aos alunos a visualização do comportamento quadrático da posição em relação ao tempo em movimentos desta natureza. Além disso, é possível discutir com os alunos a interpretação física dos parâmetros do modelo utilizado, por meio de uma comparação com as grandezas físicas implícitas à equação para a posição em função do tempo no MRUV (Equação 1): aceleração

observada na queda (aceleração gravitacional), velocidade inicial do objeto e sua posição inicial em relação ao chão.

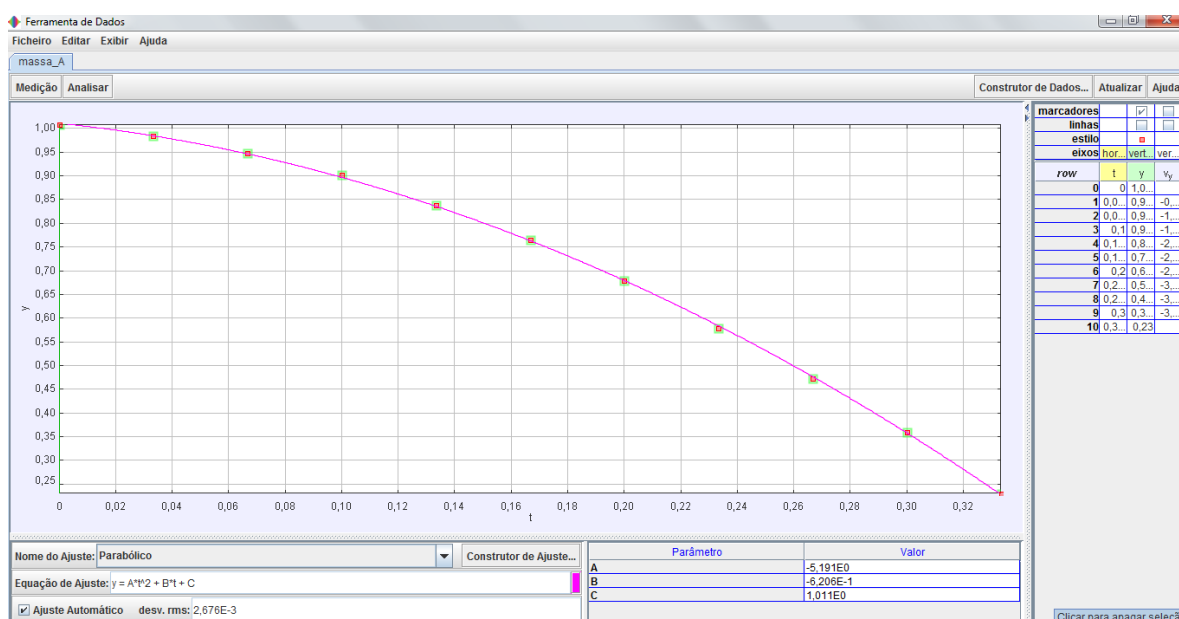


Figura 6: Gráfico da posição vertical em função do tempo obtido no experimento em que foi observado o movimento de queda de uma bola de tênis. Fonte: elaborada pelo autor.

Seguindo o mesmo procedimento, é possível proceder à análise do comportamento da velocidade em função do tempo (Figura 7). Neste caso o ajuste adequado aos dados experimentais é o linear, permitindo ao aluno a visualização da evolução temporal da velocidade do corpo quando o mesmo é submetido a uma aceleração constante. Analisando a equação para a velocidade no MRUV (Equação 2) e comparando-a ao modelo linear utilizado no ajuste (Figura 7), é possível perceber que o parâmetro A expressa a aceleração do corpo ($A = -10,32 \text{ m/s}^2$) e o parâmetro B a velocidade inicial do mesmo ($B = -0,6189 \text{ m/s}$). Em relação ao valor aferido para a aceleração, tem-se um valor relativamente próximo ao valor teórico para a aceleração da gravidade ($g = -9,81 \text{ m/s}^2$; $d\% = 5,2\%$); em relação à velocidade inicial, o valor encontrado é próximo de zero, o que é condizente com o experimento dado que o objeto parte do repouso.

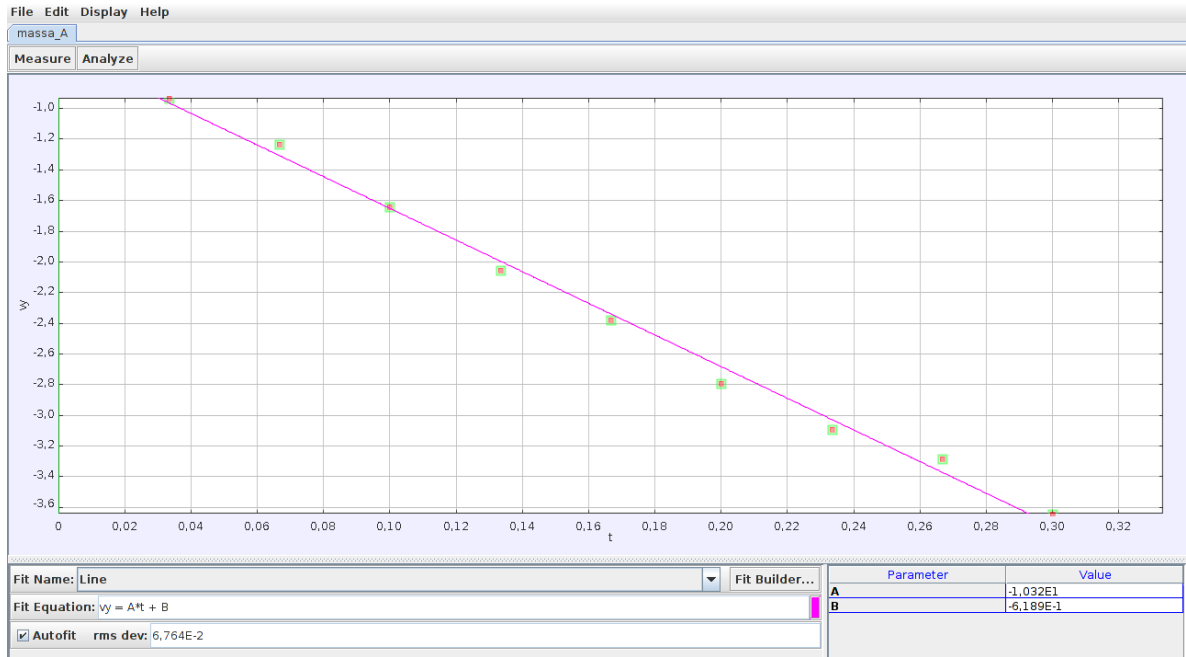


Figura 7: Gráfico da velocidade em função do tempo obtido no experimento em que foi observado o movimento de queda de uma bola de tênis. Fonte: elaborada pelo autor.

Após o término da realização, análise e discussão do experimento, inicia-se a quarta e última etapa da sequência. Nesta os alunos são convidados a responder o pós-teste (Apêndice 2), constituído pelas mesmas questões do pré-teste e duas questões dissertativas sobre a experiência do aluno ao realizar a sequência. O emprego desta abordagem tem por objetivo investigar se a sequência didática pode contribuir para o aprendizado dos alunos.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Esta seção tem por objetivo descrever a realização da sequência didática proposta e a análise dos resultados então verificados. A atividade foi aplicada em três instituições de ensino diferentes: Colégio Estadual José Luiz Gori, em Mandaguari-PR, Centro Estadual de Educação Básica para Jovens e Adultos Cecília Meireles e Colégio Estadual Unidade Polo, sendo os dois últimos localizados em Jandaia do Sul-PR.

4.1 COLÉGIO ESTADUAL JOSÉ LUIZ GORI

A primeira aplicação da sequência didática descrita neste trabalho foi realizada no Colégio Estadual José Luiz Gori, no dia dezesseis de novembro de dois mil e dezessete, em um grupo de estudos extracurricular coordenado pela professora de Física Elenice Valério. O grupo é constituído por alunos de todos os anos do Ensino Médio e tem por objetivo propiciar atividades extraclasse em que os alunos possam aprofundar seus conhecimentos.

No dia da aplicação, 12 alunos estavam presentes e como todos do grupo já haviam estudado o conteúdo de queda livre, a atividade teve como finalidade a retomada e aprofundamento dos conceitos já estudados.

Após a realização do pré-teste, iniciou-se a segunda etapa da sequência com a aula expositiva dialogada. Os alunos do grupo participaram ativamente da atividade, contribuindo na discussão que conduziu à apresentação do conceito teórico, relembrando conceitos e equações dos movimentos já estudados.

Após a conceitualização do movimento em queda livre iniciou-se a terceira etapa, na qual foi realizado o experimento com o auxílio computacional. Um pequeno grupo, sob a orientação do professor, filmou o experimento de queda livre da bolinha de tênis para posterior análise no *software* Tracker. O professor compartilhou o vídeo com os alunos, organizados em duplas nos computadores. Foi realizada a calibração do *software* e, em seguida, os alunos realizaram a análise do movimento individualmente ou em duplas nos computadores (Figura 8).



Figura 8: Alunos da primeira aplicação realizando a análise do vídeo filmado por eles. Fonte: elaborada pelo autor.

Com a análise da posição do objeto em função do tempo, os alunos chegaram, sem a interferência do professor, à conclusão de que os dados poderiam ser modelados por uma parábola. Os alunos foram orientados a analisar os coeficientes do gráfico gerado por eles, obtendo valores bem próximos à metade da aceleração teórica para o coeficiente que multiplica o termo t^2 na Equação 1. Os alunos então perceberam que na equação da posição em relação ao tempo a aceleração gravitacional está sendo dividida por dois, de forma que os valores experimentais verificados aproximavam-se do teórico.

Em seguida, iniciou-se a análise do gráfico da velocidade em função do tempo. Os alunos, novamente sem a interferência do professor, perceberam que o modelo matemático necessário para o ajuste seria o linear. Comparando os coeficientes do modelo com os valores teóricos, novamente foram obtidos valores próximos; porém, nesta análise a conclusão foi mais direta tendo em vista que o coeficiente angular da Equação 2 já expressa o esperado para a aceleração gravitacional. Após as análises e discussões relativas ao experimento, realizou-se a última etapa da sequência: a aplicação do pós-teste (Apêndice 2).

Para verificar se houve evolução do conhecimento dos alunos sobre o conteúdo, realizou-se uma comparação do percentual de acertos no pré-teste e no

pós-teste. Constatou-se que 6 alunos não tiveram alteração no número de acertos, 4 alunos aumentaram seus acertos e 2 alunos diminuíram o número de acertos no pós-teste (Figura 9). Os resultados obtidos por meio desta análise não indicam contribuições significativas para a evolução do conhecimento dos estudantes participantes.

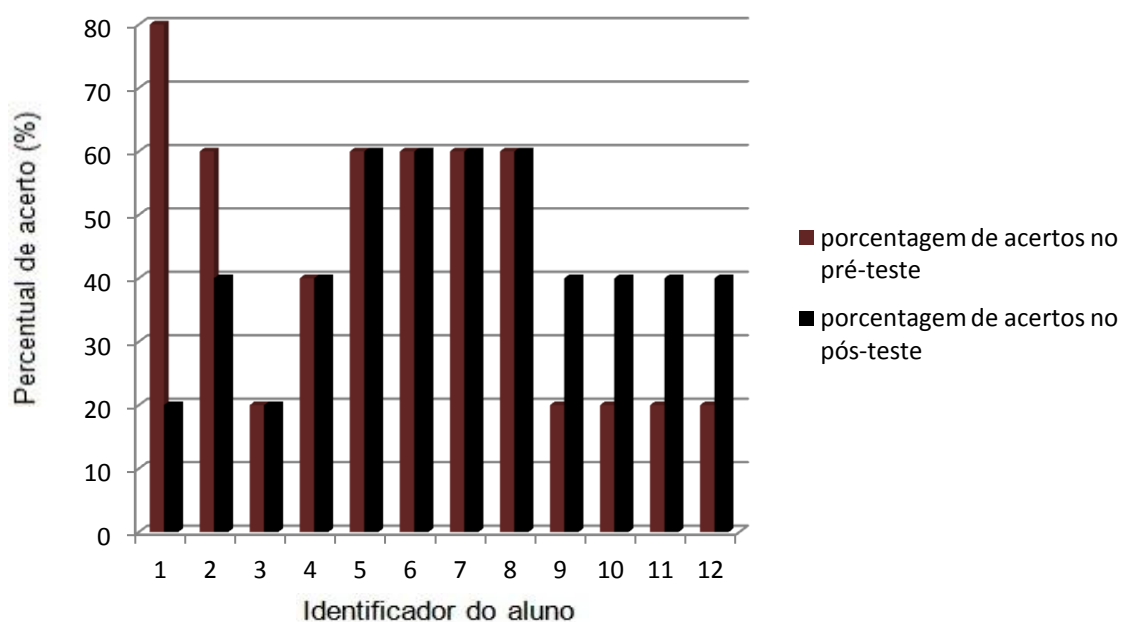


Figura 9: Análise do desempenho dos alunos no pré-teste e no pós-teste. Fonte: elaborada pelo autor.

No decorrer da realização da sequência, observou-se que houve participação dos alunos em todas as etapas da sequência aplicada, não havendo nenhum aluno se desmotivando durante a aplicação. Os alunos se apresentaram muito curiosos e ansiosos para dar contribuições. É importante notar que esta era uma turma extracurricular composta por alunos de todos os anos do Ensino Médio, dispostos a participar em contraturno de atividades que possam contribuir no aprofundamento de seus conhecimentos. Fica evidente, neste contexto, a relevância do interesse dos alunos para o quesito motivacional necessário ao processo de ensino-aprendizagem.

Ainda em relação ao pós-teste, foi destinado um espaço para que os alunos pudessem dissertar sobre suas percepções em relação à sequência didática. Os alunos foram orientados quanto ao fato de que estas respostas não eram obrigatórias e que poderiam ser sinceros caso quisessem responder. Dentre as respostas obtidas, destacam-se as citadas abaixo, as quais reforçam a relevância de

atividades híbridas – experimentais e computacionais – para a motivação dos alunos no estudo de ciências.²

“... é um jeito diferente de aprender, com exemplos e programas de computador.”

“... tirou dúvidas e deu explicações nos ajudou a pensar, entender e aprender”.

Sobre a questão dos aspectos negativos, os alunos que responderam disseram que não houve pontos negativos.

4.2 CENTRO ESTADUAL DE EDUCAÇÃO PARA JOVENS E ADULTOS CECÍLIA MEIRELES

A segunda aplicação foi realizada no Centro Educacional para Jovens e Adultos Cecília Meireles no dia doze de abril de dois mil e dezoito, em uma turma regular do terceiro ano do Magistério (formação de professores). A turma é constituída por 13 alunos matriculados, porém apenas 12 são frequentes. No dia da aplicação, 11 alunos estavam presentes.

Para esta turma, em especial, a atividade foi realizada em duas aulas. A aplicação não foi prejudicada pelo tempo reduzido, pois se trata de uma turma empenhada, fato que antecipou as passagens possibilitando a realização em menor tempo. As duas aulas de aplicação foram geminadas, com início às 7h30 e término às 9h10.

Na primeira aula realizou-se a aplicação do pré-teste (Apêndice 1) para verificar os conhecimentos prévios da turma e também a discussão sobre os movimentos e seus conceitos; os alunos facilmente perceberam que o movimento em Queda Livre se assemelha ao MRUV.

Na segunda aula foi realizado o experimento com o auxílio computacional, o qual teve início com o registro em vídeo da queda de uma bola de tênis, realizado pelo grupo. Para a análise do experimento, a turma foi dividida em dois grupos devido ao número de máquinas aptas à execução do software no laboratório de informática. Em relação à análise dos gráficos, a turma identificou o comportamento

² Texto transcrito do pós-teste, sem correção ortográfica.

quadrático em função do tempo no gráfico para a posição e o comportamento linear em função do tempo no gráfico para a velocidade, porém, precisaram da interferência do professor lembrando as equações e como cada uma delas se comportava graficamente. Nos dois casos os valores da aceleração tiveram pouca variação em relação ao teórico; no primeiro gráfico (posição em função do tempo) um aluno achou que seu valor estava errado, porém rapidamente foi lembrado pelos colegas que na equação analisada para este movimento a aceleração gravitacional está sendo dividida por dois. Realizou-se também a análise das outras grandezas, posição inicial e velocidade inicial: os alunos chegaram a valores próximos aos definidos na realização do experimento, respectivamente, 1,0 m e 0,0 m/s. Na última etapa da sequência, já no fim da aula, aplicou-se o pós-teste.

Com o intuito de inferir a evolução do conhecimento dos alunos sobre o conteúdo abordado, realizou-se uma comparação do percentual de acerto no pré-teste e no pós-teste para cada aluno. Foi verificado que todos os alunos apresentaram aumento no percentual de acerto no pós-teste quando comparado ao pré-teste, sendo que sete atingiram a nota máxima no pós-teste (Figura 10). Apesar do número de alunos participantes ter sido relativamente pequeno para uma sala de Ensino Médio regular (11 alunos), pode-se inferir a partir deste resultado que, neste caso, a proposta didática contribuiu para o aprimoramento do conhecimento dos alunos. Mesmo com o tempo de aplicação reduzido, a turma conseguiu assimilar o assunto abordado. Vale ressaltar o comprometimento da turma: como futuros professores, os estudantes deste grupo se empenham ao máximo em todas as disciplinas do currículo escolar.

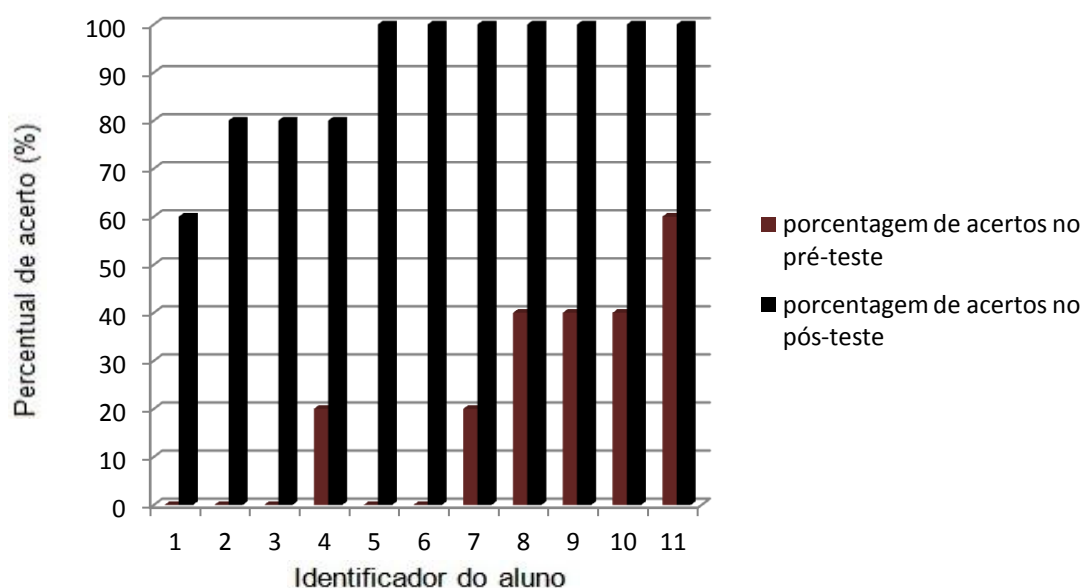


Figura 10: Análise do desempenho dos alunos no pré-teste e no pós-teste. Fonte: elaborada pelo autor.

Nesta aplicação o pós-teste não teve um espaço destinado para que os alunos pudessem dissertar sobre suas percepções em relação à sequência didática; porém, em conversa informal após a aplicação, todos afirmaram que a sequência foi útil para o estudo dos conceitos abordados, apontando como aspectos positivos a realização do experimento e a possibilidade de aprendizagem com programas computacionais, tornando a aula mais dinâmica. De fato, a motivação e o comprometimento dos alunos foram evidentes durante a realização das atividades, das quais participaram ativamente, expondo questionamentos e buscando sanar as dúvidas, destacando que alguns alunos foram de nenhum acerto no pré-teste a 100% de acertos no pós-teste, evidenciando que a sequência contribuiu para o aprendizado significativo dessa aplicação.

4.3 COLÉGIO ESTADUAL UNIDADE POLO

A terceira aplicação foi realizada no Colégio Estadual Unidade Polo, nos dias cinco e doze de junho de dois mil e dezoito, em uma turma regular do primeiro ano do Ensino Médio. A turma é constituída por 22 alunos matriculados, dos quais 20 frequentam o curso regularmente. No primeiro dia da aplicação 18 alunos estavam presentes e no segundo dia apenas 11. Os dados que serão apresentados

posteriormente referem-se apenas ao número de alunos que participaram dos dois dias de aplicação.

A primeira etapa foi realizada na sala onde os alunos costumam ter aula. Após a aplicação do pré-teste (Apêndice 1), a sequência didática teve continuidade em uma sala onde existem computadores disponíveis com o software instalado, iniciando a segunda etapa com uma aula expositiva dialogada. Os alunos tiveram um pouco de dificuldade para relembrar os conceitos dos movimentos já estudados, porém conseguiram fazer a analogia do MRUV para o movimento de Queda livre.

Na segunda aula do dia, iniciou-se a terceira etapa da sequência com o registro em vídeo de um movimento em queda livre, realizado pelos alunos. Para a análise do vídeo, os alunos foram organizados em duplas devido à disponibilidade de computadores. Ainda nesse dia houve a calibração do *software*.

No segundo dia da aplicação as duas aulas foram destinadas à finalização da terceira etapa e à realização da quarta e última etapa da sequência. Na primeira aula os alunos procederam à marcação das posições do objeto durante a queda e às análises dos gráficos. A turma em geral não identificou tão facilmente o comportamento das grandezas físicas nos gráficos gerados; após dois alunos definirem o comportamento quadrático para a posição em função do tempo, e, posteriormente o comportamento linear da velocidade em função do tempo, a maioria concordou que realmente seriam esses os comportamentos observados. Os valores da aceleração de queda identificados na análise dos gráficos tiveram, na maioria, pouca variação em relação ao valor teórico. Foi realizada também a análise das grandezas posição inicial e velocidade inicial, sendo aferidos valores próximos, respectivamente, a 1,0 m e 0,0 m/s. Após a discussão dos resultados, aplicou-se o pós-teste (Apêndice 2).

Para verificar a evolução do conhecimento dos alunos sobre o conteúdo, realizou-se uma comparação do percentual de acertos no pré-teste e no pós-teste para cada aluno; devido à ausência de alguns alunos no segundo dia da atividade, apenas 11 estudantes tiveram seus resultados avaliados. Verificou-se que 2 alunos diminuíram o número de acertos, 5 alunos não tiveram alteração em suas notas e 4 alunos apresentaram aumento no número de acertos (Figura 11).

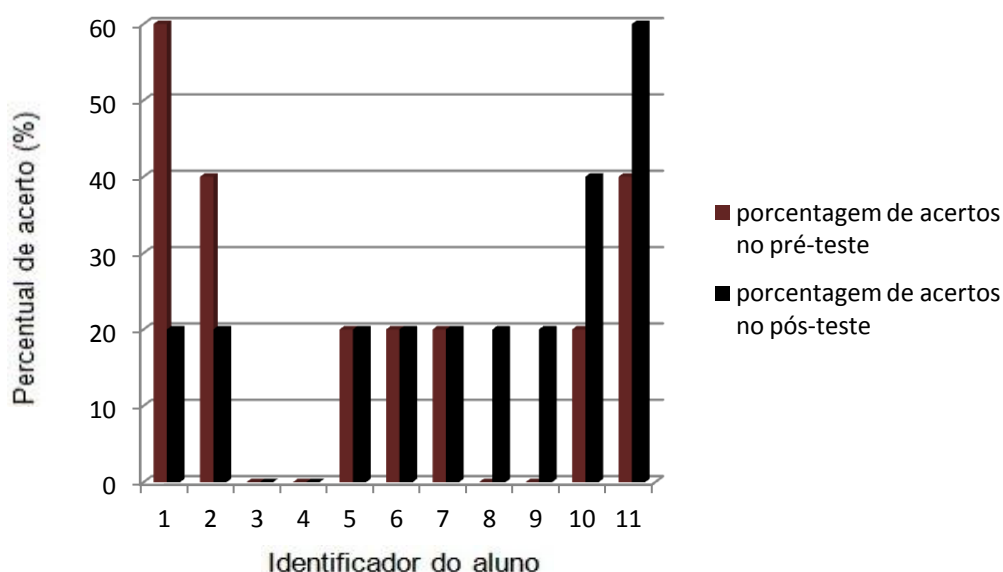


Figura 11: Análise do desempenho dos alunos no pré-teste e no pós-teste. Fonte:elaborada pelo autor.

No caso desta turma em especial, é possível que o desempenho dos alunos no pós-teste tenha sido afetado pela falta de comprometimento dos mesmos no decorrer da realização da sequência. Diferentemente das outras duas turmas envolvidas no estudo, os participantes deste grupo, em geral, não demonstraram interesse pelo assunto, sendo necessárias intervenções do professor chamando a atenção dos alunos devido à falta de engajamento nas atividades propostas. Professores de outras disciplinas relataram comportamento semelhante desta turma em suas aulas, indicando que este talvez seja um problema generalizado, não exclusivo da disciplina de Física.

A falta de engajamento nas atividades fica evidente também nas respostas de alguns alunos às questões dissertativas no pós-teste:³

“Eu gostei da aula mesmo não prestando Atenção foi muito legal e aprendizagem.”

Sobre a pergunta em que os alunos poderiam relatar se a sequência didática foi útil em seu estudo, destacam-se algumas respostas:⁴

“Sim. Por quê ela ensinou sobre as retas o jeito que as retas tem que ficar.”

“Sim eu aprendi coisas bonitas sobre a gravidade.”

³ Texto transcrito do pós-teste, sem correção ortográfica.

“não porque eu não entendi nada mas não porque a explicação foi ruim mas por causa de mim mesma.”

Em termos gerais para as turmas que participaram deste estudo, foi observado um ganho na atenção e comprometimento dos alunos na aplicação da sequência envolvendo uma atividade híbrida experimental e computacional, quando comparado ao observado em aulas realizadas segundo a perspectiva tradicional de ensino – sem a utilização destes recursos. Mesmo no caso da terceira turma em que foi aplicada a sequência, na qual em geral os alunos apresentam falta de interesse nos estudos, foi possível observar um nível de participação não verificado nas aulas tradicionais. Neste sentido, os resultados e observações obtidos neste estudo sugerem que, provavelmente, a maior contribuição da utilização de recursos experimentais e computacionais articulados em estratégias de ensino esteja relacionada ao aspecto motivacional do aluno para o estudo de Ciências. Mesmo com alguns alunos reconhecendo que não tiveram o comprometimento que eles mesmos julgavam como o melhor, notou-se que todos participaram em algum momento da sequência, mostrando assim que neste aspecto a sequência foi produtiva, dado que esses alunos não participam nas aulas tradicionais.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Um dos grandes desafios enfrentados pelos professores está no desenvolvimento de propostas didáticas que despertem no aluno a curiosidade e o interesse pela disciplina. Nesta perspectiva, a conjugação de atividades experimentais e computacionais tem como efeito a motivação dos alunos para o estudo das Ciências e da Matemática, proporcionando aos mesmos a oportunidade de observação e discussão em torno das causas e efeitos pertinentes ao fenômeno observado, tornando-os sujeitos ativos no processo de aprendizagem.

Na sequência didática proposta neste trabalho, voltada ao ensino de conceitos relativos ao movimento em queda livre, o uso da experimentação intermediada pelo software Tracker permitiu a observação minuciosa do movimento e a exploração dos modelos matemáticos associados ao mesmo, proporcionando aos alunos a verificação desse fenômeno e a constatação do predito pela teoria, possibilitado o aprendizado significativo dos conceitos em uma aplicação interdisciplinar.

A motivação dos alunos foi notória durante a participação na sequência realizada, pois em todas as aplicações os estudantes contribuíram no desenvolvimento das atividades, o que sugere que a abordagem utilizada é relevante na edificação do aprendizado significativo dos alunos.

A análise da evolução do conhecimento dos alunos por meio da comparação do percentual de acerto de questões no pré-teste e no pós-teste indicou que o aumento do número de acertos foi evidente apenas para a turma do Magistério do Centro Educacional para Jovens e Adultos Cecília Meireles, o que fornece um indício que a sequência proposta proporcionou-lhes um ambiente de aprendizagem significativa. Nas demais turmas em que a sequência foi desenvolvida não foi possível constatar uma evolução significativa no percentual de acertos dos alunos, o que indica a necessidade de inserção de outros elementos didáticos que possam contribuir para o aprendizado dos conceitos abordados, ou até mesmo a adequação do tempo de realização da sequência. Estes resultados evidenciam também a heterogeneidade das turmas, em seus saberes e condutas mediante o processo de aprendizagem, o que constitui um grande desafio ao professor. Neste contexto, cada sequência deve ser pensada, planejada e adaptada para o grupo específico de alunos, considerando suas especificidades.

Ainda em relação aos números de acerto no pré-teste e no pós-teste, os resultados verificados com a primeira e a terceira turma mostram que essas aplicações devem ser analisadas com o intuito de verificar possíveis aspectos a serem melhorados. Uma abordagem plausível seria verificar individualmente as questões de cada turma, procurando identificar as questões que apresentaram menor percentual de acerto no pós-teste e que estariam relacionadas a conceitos que precisariam ser mais explorados, por exemplo, em um *feedback* posterior com as turmas, buscando-se esclarecer as dúvidas que ainda existam.

O fato de que os alunos, em geral, mostraram-se interessados, curiosos e participativos na realização da sequência proposta neste trabalho corrobora apontamentos encontrados na literatura, segundo os quais a conjugação da experimentação com atividades computacionais constitui um importante recurso disponível aos professores para instigar os estudantes a um comprometimento maior com o processo de ensino-aprendizagem. Possivelmente, a principal contribuição de abordagens de ensino desta natureza está relacionada ao aspecto motivacional dos estudantes, aspecto este imprescindível para a concretização do aprendizado significativo.

REFERÊNCIAS

ARAUJO, Ives Solano; VEIT, Eliane Angela. Uma revisão da literatura sobre estudos relativos a tecnologias computacionais no ensino de Física. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, Porto Alegre, v. 4, n. 3, p.5-18, 2004.

ARAUJO, Ives Solano; VEIT, Eliane Angela; MOREIRA, Marco A.. Atividades de modelagem computacional no auxílio à interpretação de gráficos da Cinemática. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 26, n. 2, p.179-184, ago. 2004.

BEZERRA JÚNIOR, Arandi Ginane et al. Videoanálise com o software livre Tracker no Laboratório Didático de Física: Movimento Parabólico e Segunda Lei de Newton. **Caderno Brasileiro do Ensino de Física**, Curitiba, v. 29, n. 1, p.469-490, set. 2012.

BRASIL. **Parâmetros Curriculares Nacionais para o ensino médio**. MEC 1998.

DIAS, Penha Maria Cardoso; SANTOS, Wilma Machado Soares; SOUZA, Mariana Thomé Marques de. A Gravitação Universal: Um texto para o Ensino Médio. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, Rio de Janeiro, v. 26, n. 3, p.257-271, ago. 2004.

FOSSILE, Dieysa Kanyela. Construtivismo versus sócio-interacionismo: uma introdução às teorias cognitivas. **Alpha**, Patos de Minas, v. 11, p.105-117, ago. 2010.

GASPAR, Alberto; MONTEIRO, Isabel Cristina de Castro. Atividades experimentais de demonstrações em sala de aula: uma análise segundo o referencial da teoria de Vygotsky. **Investigação em Ensino de Ciências**, Porto Alegre, v. 10, n. 2, p.227-254, 2005.

GOMES, Alessandro D. T.; BORGES, A. Tarciso; JUSTI, Rosária. Processos e conhecimentos envolvidos na realização de atividades práticas: revisão da literatura e implicações para a pesquisa. **Investigação em Ensino de Ciências**, Belo Horizonte, v. 13, n. 2, p.187-207, 2018.

LENZ, Jorge Alberto; SAAVEDRA FILHO, Nestor Cortez; BEZERRA JÚNIOR, Arandi Ginane. Utilização de TIC para o estudo do movimento: alguns experimentos didáticos com o software Tracker. **Abakós**, Belo Horizonte, v. 2, n. 2, p.24-34, maio 2014.

MAGARINUS, Renata; BULIGON, Lidiane; MARTINS, Márcio Marques. Uma proposta para a introdução do ensino de Funções através da utilização do programa Tracker. **Ciência e Natura**, Santa Maria, v. 37, p.481-498, dez. 2014

MARTINS, Márcio Marques et al. Proposta de Ensino interdisciplinar de Química e Ciências com o Software OSP Tracker. In: **ENCONTRO DE DEBATES SOBRE O ENSINO DE QUÍMICA**, 33., 2013, Ijuí: Unijuí, 2013. p. 01 - 07

MEDEIROS, Alexandre; MEDEIROS, Cleide Farias de. Possibilidades e limitações das simulações computacionais no ensino da Física. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, Recife, v. 24, n. 2, p.77-86, jun. 2002.

MOREIRA, Marco Antonio. **Subsídios Teóricos para o Professor Pesquisador em Ensino de Ciências: A Teoria da Aprendizagem Significativa**. 2. ed. Porto Alegre, 2016. 69 p

MORTIMER, Eduardo Fleury. Construtivismo, mudança conceitual e ensino de Ciências para onde vamos? **Investigações em Ensino de Ciências**, Belo Horizonte, v. 1, n. 1, p.20-39. 1996.

MOURA, Rodrigo; CANALLE, João Batista Garcia. Os mitos dos cientistas e suas controvérsias. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, Rio de Janeiro, v. 23, n. 2, p.238-251, jun. 2001.

POLESE, Nathalia Cunha. Aprendizagem infantil através do Construtivismo: ensinar e aprender. **Revista Espaço Acadêmico**, n. 134, p.89-96, jul. 2012. Mensal.

PORVIR. Tecnologia na Educação: Recomendações e experiências para transformar a maneira como se ensina e aprende a partir do uso de ferramentas digitais. **Portal Porvir**, 2015. Disponível em: <<http://porvir.org/especiais/tecnologia/>> Acesso em: 27 mar. 2018.

ROSA, Cleci Teresinha Werner da; CAVALCANTI, Juliano; DARROZ, Luiz Marcelo. Proposta para o estudo experimental do calor específico no ensino médio. **Thema: Ciências Exatas e da Terra**, Pelotas, v. 14, n. 1, p.78-90. 2017.

SANTOS, C. F. R. **Tecnologias de informação e comunicação**. Guarapuava: UAB, Unicentro. 2014.

SENRA, Clarice Parreira; BRAGA, Marco. Pensando a natureza da ciência a partir de atividades experimentais investigativas numa escola de formação profissional. **Caderno Brasileiro do Ensino de Física**, Rio de Janeiro, v. 31, n. 1, p.7-29, abr. 2014.

SÉRÉ, M. G.; COELHO, S. M.; NUNES, A. D. **O papel da experimentação no ensino da física**. Caderno Brasileiro de Ensino de Física, v.20, n.1: p.30-42, 2003.

SERWAY, Raymond A.; JEWETT Jr, John W.. **Princípios de Física: Mecânica Clássica**. 5. ed. São Paulo: Cengage Learning, 2014. 404 p.

SUART, Rita de Cássia; MARCONDES, Maria Eunice Ribeiro. As habilidades cognitivas manifestadas por alunos do ensino médio de química em uma atividade experimental investigativa. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, São Paulo, v. 8, n. 2, p.1-22, ago. 2008.

TAVARES, Romero. Aprendizagem significativa e o ensino de ciências. **Ciências & Cognição**, Rio de Janeiro, v. 13, n. 1, p.94-100, 31 mar. 2008.

TIPLER, Paul Allen; MOSCA, Gene. **FÍSICA:** Para Cientistas e Engenheiros. 6. ed. Rio de Janeiro: Ltc, 2016. 759 p.

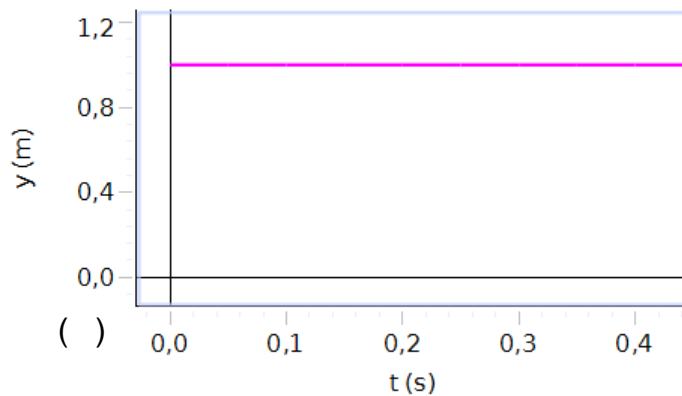
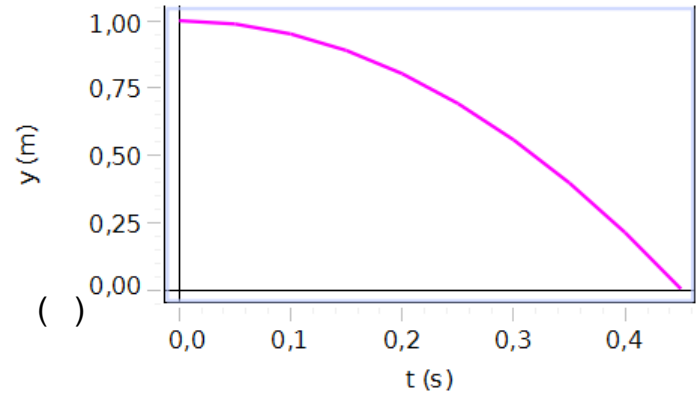
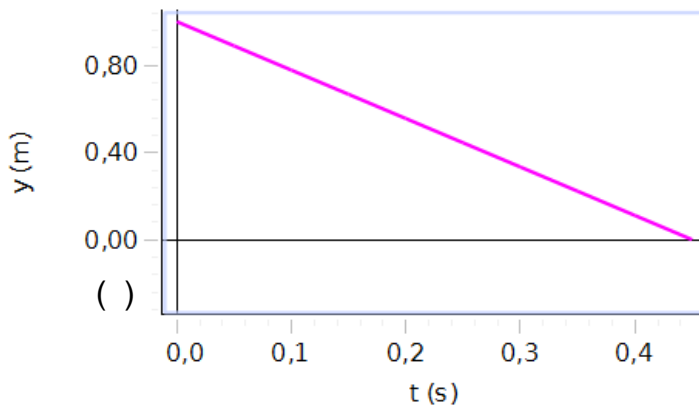
WIEMAN, Carl E.; ADAMS, Wendy K.; PERKINS, Katherine K.. PhET: Simulations That Enhance Learning. **Science**,v. 322, p.682-683, out. 2008.

APÊNDICE 1 – PRÉ-TESTE

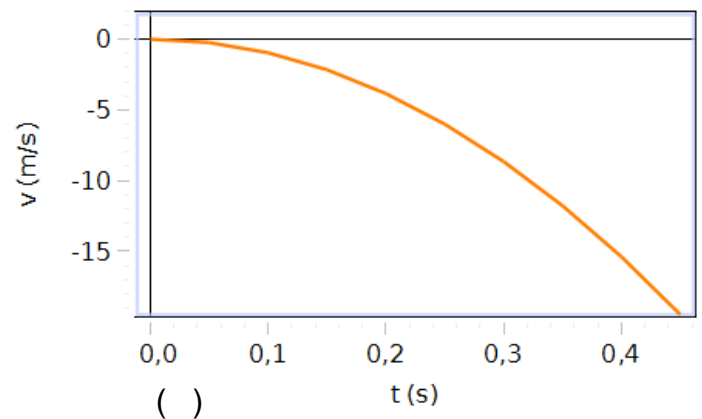
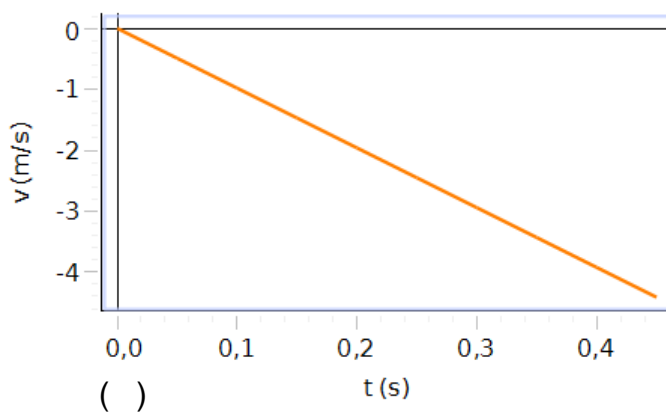
Aluno (a):

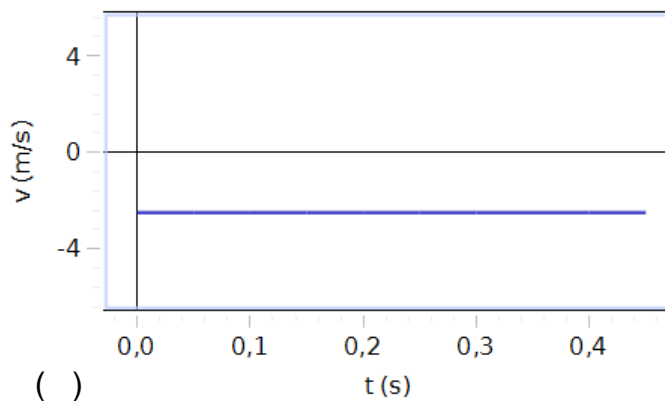
Pré-teste – atividade queda dos corpos.

1- Considerando a queda de um corpo, a posição vertical do mesmo em função do tempo é representada pelo gráfico



2- Ainda em relação à queda de um corpo, a velocidade do mesmo em função do tempo é representada adequadamente pelo gráfico





3- Um corpo é abandonado (isto é, parte do repouso) do alto de um edifício e gasta 3,0 s para chegar ao solo. Considere a resistência do ar desprezível e $g=10 \text{ m/s}^2$.

a) Qual é a altura do edifício?

Resposta: _____

b) Qual é a velocidade com que o corpo atinge o solo?

Resposta: _____

4- Quanto à queda livre de corpos no vácuo, **assinale o que for verdadeiro**:

() Corpos com massas diferentes caem com a mesma aceleração.

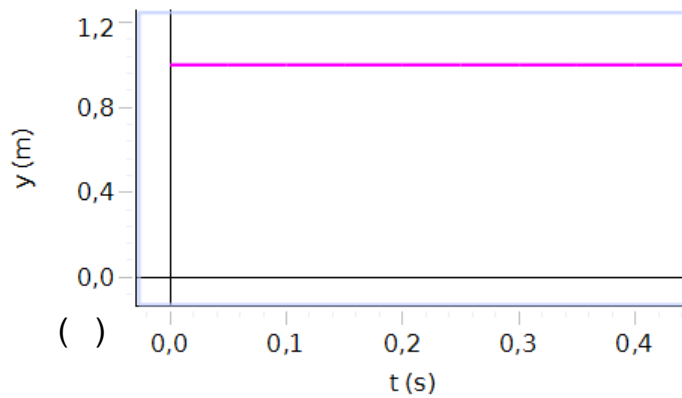
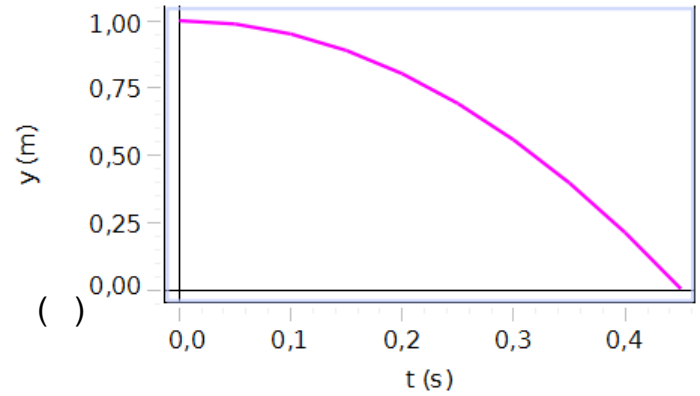
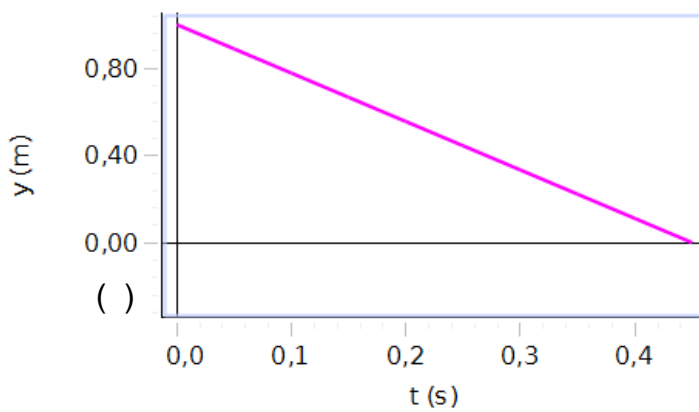
() O tempo de queda de um corpo depende de sua massa.

APÊNDICE 2 – PÓS-TESTE

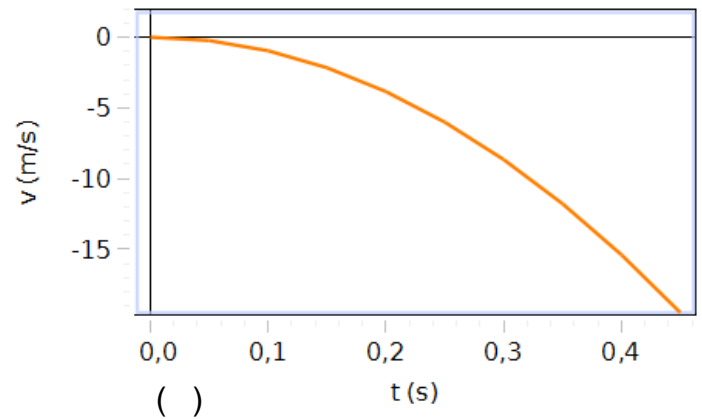
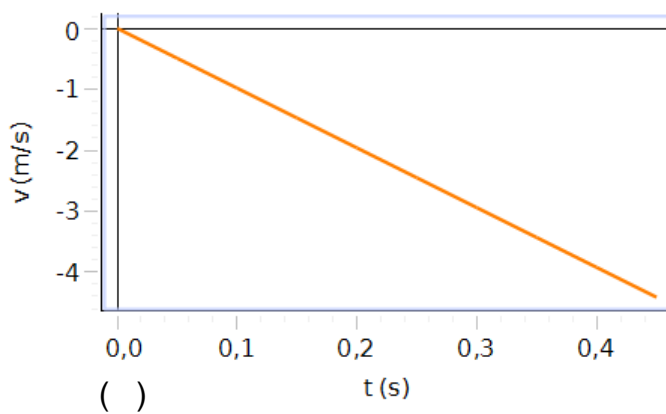
Aluno (a):

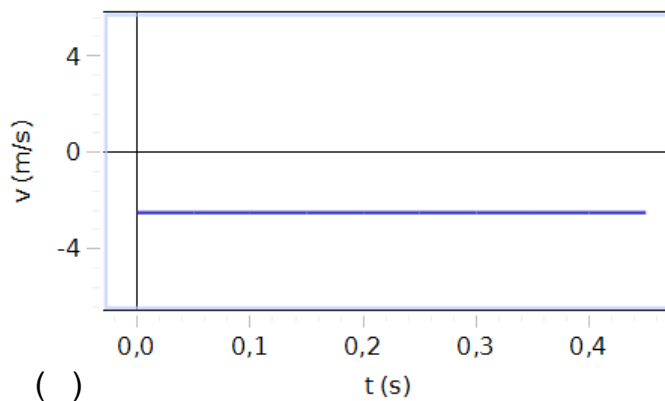
Pós-teste – atividade queda dos corpos.

1- Considerando a queda de um corpo, a posição vertical do mesmo em função do tempo é representada pelo gráfico



2- Ainda em relação à queda de um corpo, a velocidade do mesmo em função do tempo é representada adequadamente pelo gráfico





3- Um corpo é abandonado (isto é, parte do repouso) do alto de um edifício e gasta 3,0 s para chegar ao solo. Considere a resistência do ar desprezível e $g=10 \text{ m/s}^2$.

a) Qual é a altura do edifício?

Resposta: _____

b) Qual é a velocidade com que o corpo atinge o solo?

Resposta: _____

4- Quanto à queda livre de corpos no vácuo, **assinale o que for verdadeiro**:

() Corpos com massas diferentes caem com a mesma aceleração.

() O tempo de queda de um corpo depende de sua massa.

5- Em sua opinião, a sequência didática realizada foi útil em seu estudo? Por quê?

6- Aponte aspectos positivos e negativos na atividade realizada.